

METHOD FOR REDUCING THE NOISE OF TURBO GENERATORS BY MODIFYING THE SURFACE CIRCULATION OF A STATOR

Publication number: DE10357075

Publication date: 2005-07-07

Inventor: BORCHERS INGO UDO (DE); DROBIETZ ROGER (DE); LANGE THOMAS (DE)

Applicant: DORNIER GMBH (DE)

Classification:




- international: **F01D5/14; F04D29/66; F04D29/68; F01D5/14; F04D29/66;** (IPC1-7): F02D9/04; F01D5/14; F01D7/00

- European: F01D5/14D; F04D29/66C7; F04D29/68C

Application number: DE20031057075 20031206

Priority number(s): DE20031057075 20031206

Also published as:

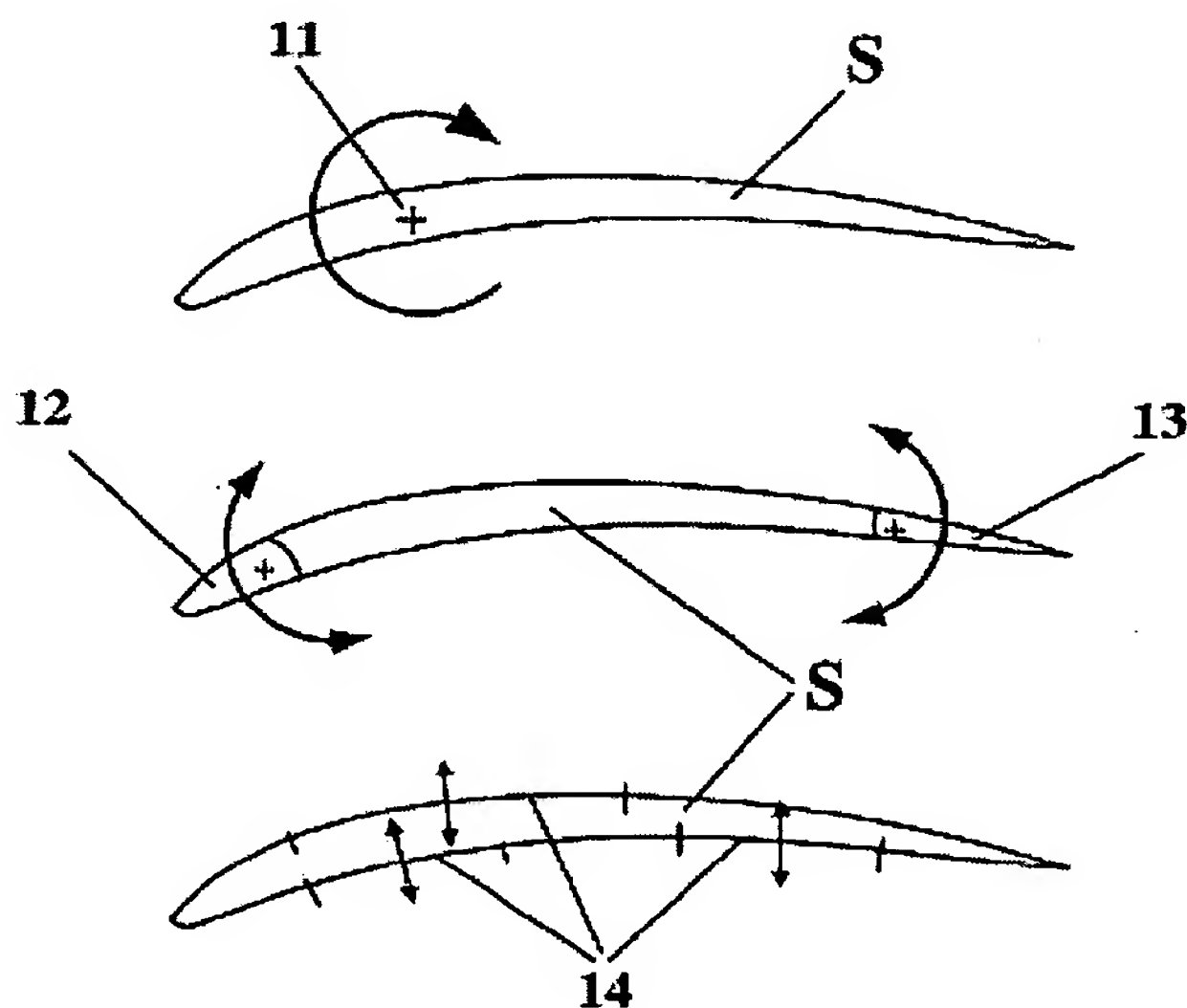
 WO2005056984 (A1)
 EP1700004 (A1)
 EP1700004 (A0)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE10357075

Abstract of corresponding document: **WO2005056984**

The invention relates to a method for reducing the noise of turbo generators comprising interlocking blades and a rotor-stator assembly. According to the invention, the hydrodynamic pressure fluctuations that occur on the interlocking blades are reduced by modifying the surface circulation of at least one section of at least one stator and one or more stators are equipped with elements for influencing the surface circulation of at least one section of the stator. The aerodynamics of the stator can be modified by deflecting one or more blades or sections of the latter. The surface of one or more blades of the stator can also have openings for the intake and/or evacuation of air.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 57 075 A1** 2005.07.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 57 075.6**
(22) Anmeldetag: **06.12.2003**
(43) Offenlegungstag: **07.07.2005**

(51) Int Cl.⁷: **F02D 9/04**
F01D 5/14, F01D 7/00

(71) Anmelder:
Dornier GmbH, 88039 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:
**Borchers, Ingo Udo, Dr., 88690
Uhdingen-Mühlhofen, DE; Drobiez, Roger, Dr.,
88682 Salem, DE; Lange, Thomas, 88090
Immenstaad, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

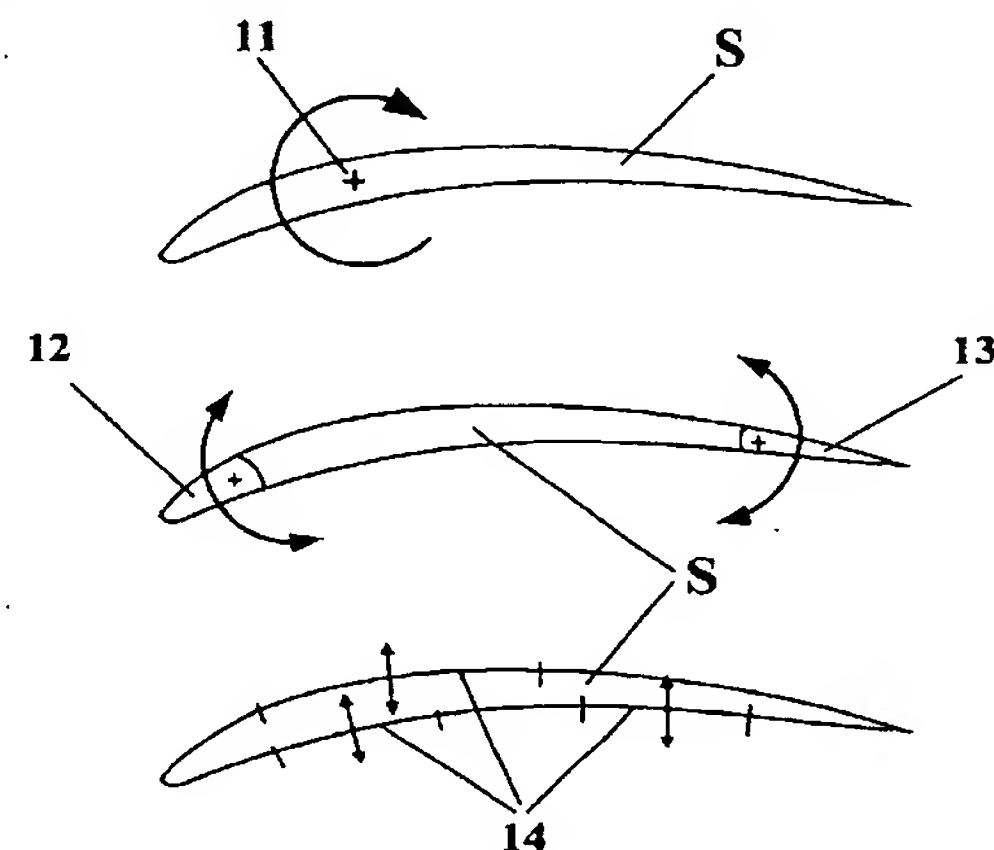
DE 100 53 361 C1
DE-PS 6 917 42
DE 199 09 899 A1
DE 197 12 034 A1
DE 43 08 892 A1
DE 694 09 717 T2
US 54 20 383 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Lärmreduzierung von Turbomaschinen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lärmreduzierung von Turbomaschinen mit Schaufelgittern (S1; R1, S2; R1, S3; R3, S4; R4) sowie eine Rotor-Stator-Anordnung. Gemäß der Erfindung werden die an den Schaufelgittern (S1, R1; S2, R1; S3, R3; S4, R4) auftretenden hydrodynamischen Druckschwankungen mittels Veränderung der Oberflächenumströmung mindestens eines Teils mindestens eines Stators (S1, S2, S3, S4) reduziert und an einem oder mehreren Statoren (S1, S2, S3, S4) sind Mittel (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) zur Beeinflussung der Oberflächenumströmung mindestens eines Teils des Stators (S1, S2, S3, S4) vorhanden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lärmreduzierung von Turbomaschinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Rotor-Stator-Anordnung dazu gemäß Patentanspruch 10.

[0002] Turbomaschinen zeichnen sich durch eine sequentielle Anordnung von rotierenden und stationären Schaufelgittern, auch als Rotor und Stator bezeichnet, aus. In **Fig. 1** ist beispielhaft die Anordnung von Rotor und Stator in einem Flugtriebwerk gezeigt. Das Arbeitsfluid, üblicherweise Luft, durchströmt in Pfeilrichtung dabei folgende Kombinationen von Rotoren und Statoren in den verschiedenen Baugruppen a, b, c von Turbomaschinen. In **Fig. 1** ist mit dem Bezugszeichen a die Fansektion bezeichnet, welche sich in Strömungsrichtung aus der Kombination von Fan R1 und Leitrad S1 im Primärkreis 1 bzw. Austrittsleitrad S2 im Sekundärkreis 2 ergibt. Die Verdichterstufe b ist in Strömungsrichtung die Kombination aus Laufrad R3 und Leitrad S3 und die Turbinenstufe c ist in Strömungsrichtung die Kombination von Leitrad S4 und Laufrad R4.

[0003] Weitere Turbomaschinen sind z.B. als Verdichter, Lüfter, Kraftwerksturbine bekannt.

[0004] Eine der Hauptlärmquellen dieser Anordnungen ist die sog. Rotor-Stator-Interaktion bzw. Stator-Rotor-Interaktion. Dem Rotor-Stator-Interaktionslärm liegt dabei folgender Mechanismus zu Grunde: Durch den periodisch umlaufenden Nachlauf eines rotierenden Schaufelgitters (Rotor) liegt ein stromabwärts gelegenes stationäres Schaufelgitter (Stator) in einer periodisch instationären Anströmung, wodurch auf diesen Statorschaufeln periodische hydrodynamische Druckschwankungen entstehen, die als tonaler Lärm an die Umgebung abgestrahlt werden.

[0005] Dem Stator-Rotor-Interaktionslärm liegt folgender Mechanismus zu Grunde: Durchschlägt ein rotierendes Schaufelgitter (Rotor) den stationären Nachlauf eines stromaufwärts gelegenen stationären Schaufelgitters (Stator), erfahren die Rotorblätter eine periodisch instationäre Anströmung, wodurch auf diesen Rotorblättern periodische Druckschwankungen entstehen, die als tonaler Lärm an die Umgebung abgestrahlt werden.

[0006] Während des Starts und der Landung tragen die beschriebenen Mechanismen signifikant zu den Lärmemissionen von Verkehrsflugzeugen bei und stellen somit eine restriktive Größe bezüglich den immer strenger werdenden Lärmschutzverordnungen von Flugplätzen und deren Umgebung dar.

Stand der Technik

[0007] Es sind aktive und passive Systeme zur

Lärmreduzierung bekannt. So werden z.B. akustischen Liner in den Begrenzungen der Strömungskanäle des Triebwerkes installiert oder es wird der Rotor-Stator-Abstand vergrößert. Aus US 4,131,387 ist ein passives System bekannt, bei dem durch Neigung der Statorschaufeln eine Lärmreduzierung erzielt wird. Ein Nachteil dieser Maßnahmen ist, dass die Baugröße sowie das Gewicht des Triebwerks zunimmt.

[0008] Eine weitere passive Maßnahme, bei der der Rotor auf seiner Hinterkante eine Sägezahnform aufweist, ist aus EP 1 277 966 bekannt.

[0009] Aus US 5,355,417 und US 5,420,383 sind als aktive Maßnahme zur Lärmreduzierung die Anordnung von akustischen Quellen im Einlauf des Triebwerks und/oder Sekundärkanal einer Turbomaschine bzw. im Statorblatt bekannt. Diese Maßnahmen beruhen auf dem Prinzip des sogenannten Anti-Schalls. Hierbei wird mittels einer komplexen Verteilung von akustischen Quellen versucht, die modulare Charakteristik des Schallfeldes nachzuahmen. Ein Nachteil hierbei ist, dass diese Verfahren und Systeme sehr aufwendig sind.

[0010] Des Weiteren ist es aus US 6,004,095 bekannt, eine Lärmreduzierung durch kontinuierliche Ausblasung an der Rotorhinterkante zu bewirken.

Aufgabenstellung

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, bei welchem mittels aktiver Maßnahmen die Reduzierung der Lärmemission von Turbomaschinen verbessert werden kann. Eine weitere Aufgabe besteht in der Angabe einer Rotor-Stator-Anordnung mit der eine Lärmreduzierung von Turbomaschinen realisiert werden kann.

[0012] Diese Aufgaben werden mit dem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie durch die Rotor-Stator-Anordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 9 gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0013] Erfindungsgemäß werden die an den Schaufelgittern auftretende hydrodynamischen Druckschwankungen mittels Veränderung der Oberflächenumströmung mindestens eines Teils mindestens eines Stators reduziert. Dieses Verfahren setzt im Gegensatz zu den bekannten Verfahren direkt an der Quelle der Entstehung des Lärms an.

[0014] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung wird die Oberflächenumströmung einer oder mehrerer Schaufeln des Stators verändert. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass die Aerodynamik des Stators durch Auslenkung einer oder mehrerer

Schaufeln des Stators oder Teilen der Schaufeln beeinflusst wird. Selbstverständlich ist es möglich, dass die Aerodynamik einer beliebigen Anzahl der in einer Turbomaschine vorhandenen Statoren nach dem erfindungsgemäßen Verfahren beeinflusst wird.

[0015] Insbesondere ist es vorteilhaft möglich, die Oberflächenumströmung des Stators periodisch zu verändern. Ferner kann in einer weiteren vorteilhaften Ausführung der Erfindung die Ansteuerung der einzelnen Statorschaufeln eines Gitters entweder individuell oder entsprechend der Teilung und der Drehzahl des Rotors phasenverschoben zueinander vorgenommen werden. Die Ansteuerfrequenz von periodischen Vorgängen entspricht dabei vorteilhaft der Grundfrequenz des tonalen Lärms und ergibt sich aus dem Produkt von Rotorblattzahl und Drehzahl. Die Phasenlage und/oder die Amplitude der Ansteuerung wird vorteilhaft entsprechend geeigneter Fehlersignale geregelt. Diese Fehlersignale werden insbesondere von Mikrofonen oder Drucksensoren geliefert.

[0016] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es somit möglich, die Oberflächenumströmung der Statorschaufeln derart anzupassen, dass die durch den umlaufenden Nachlauf eines stromaufwärts gelegenen rotierenden Schaufelgitters erzeugten Druckschwankungen auf diesen Statorschaufeln reduziert werden oder dass die durch den Nachlauf dieser Statorschaufeln auf einem stromab gelegenen rotierenden Schaufelgitters erzeugten Druckschwankungen reduziert werden. Selbstverständlich ist es möglich, dass bei einer mehrstufigen Ausführung einer Turbomaschine eine Kombination der oben beschriebenen Wirkungen möglich ist.

[0017] Die erfindungsgemäße Rotor-Stator-Anordnung umfaßt an einem oder mehreren Statoren Mittel zur Beeinflussung der Aerodynamik des Stators. Die Mittel sind dabei vorteilhaft:

- eine oder mehrere um eine vorgebbare Achse bewegliche Schaufeln des Stators,
- eine oder mehrere bewegliche Vorderkantenklappen, die an einer oder mehreren Schaufeln des Stators angebracht sind,
- eine oder mehrere bewegliche Hinterkantenklappen, die an einer oder mehreren Schaufeln des Stators angebracht sind,
- eine oder mehrere bewegliche Oberflächenelemente, die auf einer oder mehreren Schaufeln des Stators angebracht sind.

[0018] Darüber hinaus sind auf der Oberfläche von einer oder mehreren Schaufeln des Stators eine oder mehrere Öffnungen zum Ansaugen und/oder Ausblasen von Luft ausgeführt. Damit ist es ebenfalls möglich, Einfluss auf die auftretenden Druckschwankungen zu nehmen. Insbesondere ist es durch periodisches Ausblasen und/oder Ansaugen an der Oberflä-

che der Statorschaufeln möglich, die durch den umlaufenden Nachlauf eines stromaufwärts gelegenen rotierenden Schaufelgitters erzeugten Druckschwankungen zu reduzieren.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung der erfindungsgemäßen Rotor-Stator-Anordnung sind an der Hinterkante einer oder mehrerer Schaufeln eines Stators eine oder mehrere Öffnungen zum Ausblasen von Luft vorhanden. Zweckmäßig wird durch ein kontinuierliches Ausblasen von Luft an der Hinterkante der Statorschaufeln die Anströmung eines stromab gelegenen rotierenden Schaufelgitters harmonisiert, wodurch die resultierenden Druckschwankungen reduziert werden.

[0020] Vorteilhaft sind die Mittel zur Beeinflussung der Aerodynamik eines Stators mechanisch, elektrisch, piezoelektrisch oder pneumatisch betriebene Aktuatoren. Selbstverständlich ist es möglich, je nach Anwendungsfall und Position eines Aktuators in der Rotor-Stator-Anordnung verschiedene Aktuatoren zu verwenden. Im Gegensatz zu den bei bekannten Verfahren oder Vorrichtungen zur Lärmreduzierung von Turbomaschinen verwendeten Aktuatoren, dienen die im erfindungsgemäßen Verfahren und in der erfindungsgemäßen Rotor-Stator-Anordnung eingesetzten Aktuatoren nicht der Erzeugung eines Anti-Schallfeldes, welches das von der Turbomaschine erzeugte Schallfeld kompensiert. Die Aktuatoren dienen erfindungsgemäß der Auslenkung des Stators oder Teilen des Stators, insbesondere der Schaufeln oder Teilen der Schaufeln.

[0021] Ein aktives System entsprechend der vorliegenden Erfindung läßt sich zweckmäßig zusammen mit passiven Systemen verknüpfen. So ist es z.B. möglich, das erfindungsgemäße System zu eventuell vorhandenen passiven Systemen in Flugzeugtriebwerken während lärmrelevanter Flugphasen (Start und Landung) zuzuschalten.

[0022] Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße System auch in nichtfliegenden Turbomaschinen eingesetzt werden, z.B. Kraftwerksturbinen.

[0023] Ein Vorteil der Erfindung liegt darin, dass das System wartungs- und montagefreundlich ist, da sich die Aktuatorik im feststehenden System der Statoren befindet.

Ausführungsbeispiel

[0024] Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0025] Fig. 1 ein beispielhaftes Triebwerk in Schnittdarstellung,

[0026] Fig. 2 beispielhafte Schaufeln eines Stators

mit erfindungsgemäßen Mitteln zur Veränderung der Aerodynamik des Stators,

[0027] **Fig. 3** beispielhafte Schaufeln eines Stators mit Öffnungen zum Ansaugen und Ausblasen von Luft.

[0028] **Fig. 2** zeigt beispielhafte Schaufeln eines Stators mit erfindungsgemäßen Mitteln zur Veränderung der Aerodynamik des Stators. Mit dem Bezugszeichen **11** ist dabei eine beliebige Achse angegeben, um die die Schaufel **S** beweglich angeordnet ist. Eine Schaufel **S** kann mit Vorderkantenklappen **12** und/oder Hinterkantenklappen **13** ausgestattet sein. Darüber hinaus kann eine Schaufel **S** eine oder mehrere Mittel **14** aufweisen, welche der Oberfläche der Schaufel **S** aufgebracht sind. Diese Mittel **14** können z.B. Aktuatoren sein.

[0029] **Fig. 3** zeigt im oberen Teil eine Darstellung einer beispielhaften Schaufel **S**, welche im Bereich der Vorderkante und im Mittelbereich Öffnungen **15** und **16** aufweist. Aus diesen Öffnungen **15** und **16** kann einerseits Luft angesaugt oder Luft ausgeblasen werden. Im unteren Teil der **Fig. 3** ist eine beispielhafte Schaufel **S** abgebildet, welche im Bereich der Hinterkante eine Öffnung **17** aufweist, durch welche Luft kontinuierlich ausgeblasen werden kann. Selbstverständlich können die Mittel **15**, **16**, **17** zum Ein- und Ausblasen von Luft beliebig miteinander kombiniert werden. So kann es z.B. auch vorgesehen werden, dass benachbarte Schaufeln eines Stators verschieden angeordnete Öffnungen zum Ein- oder Ausblasen von Luft aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Lärmreduzierung von Turbomaschinen mit Schaufelgittern (**S1,R1**; **S2,R1**; **S3,R3**; **S4,R4**), **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Schaufelgittern (**S1,R1**; **S2,R1**; **S3,R3**; **S4,R4**) auftretende hydrodynamische Druckschwankungen mittels Veränderung der Oberflächenumströmung mindestens eines Teils mindestens eines Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) reduziert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenumströmung einer oder mehrerer Schaufeln (**S**) des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) verändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Aerodynamik des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) durch Auslenkung einer oder mehrerer Schaufeln (**S**) oder Teile davon verändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Aerodynamik des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) durch in eine oder mehrere Schaufeln (**S**) einströmende oder durch aus einer oder

mehreren Schaufeln (**S**) ausströmenden Luft verändert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-4, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Schaufeln (**S**) eines Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) individuell oder entsprechend Teilung und Drehzahl des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) phasenverschoben angesteuert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenlage und/oder die Amplitude der Ansteuerung mittels Fehlersignale geregelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenumströmung des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) periodisch verändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerfrequenz des periodischen Verfahrens der Grundfrequenz des tonalen Lärms, welche sich aus dem Produkt von Rotorblattzahl und Drehzahl ergibt, entspricht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, dass an der Hinterkante einer oder mehrerer Schaufeln (**S**) des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) kontinuierliche Luft ausgeblasen wird zur Harmonisierung der Anströmung stromabwärts gelagerter Schaufelgitter.

10. Rotor-Stator-Anordnung, dadurch gekennzeichnet, dass an einem oder mehreren Statoren (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) Mittel (**11**, **12**, **13**, **14**, **15**, **16**, **17**) zur Beeinflussung der Oberflächenumströmung mindestens eines Teils des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) vorhanden sind.

11. Rotor-Stator-Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**11**, **12**, **13**, **14**, **15**, **16**, **17**) an einer oder mehreren Schaufeln des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) angebrachte eine oder mehrere bewegliche Vorderkantenklappen (**12**) sind.

12. Rotor-Stator-Anordnung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (**11**, **12**, **13**, **14**, **15**, **16**, **17**) an einer oder mehreren Schaufeln des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) angebrachte eine oder mehrere bewegliche Hinterkantenklappen (**13**) sind.

13. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-12, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Schaufeln des Stators (**S1**, **S2**, **S3**, **S4**) um eine vorgebbare Achse (**11**) beweglich ist.

14. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-13, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine oder mehreren Schaufeln des Stators (**S1**, **S2**,

S3, S4) ein oder mehrere bewegliche Oberflächenelemente (14) angeordnet sind.

15. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-14, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Oberfläche von einer oder mehreren Schaufeln des Stators (S1, S2, S3, S4) eine oder mehrere Öffnungen (15, 16) zum Ansaugen und/oder Ausblasen von Luft ausgeführt sind.

16. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-15, dadurch gekennzeichnet, dass an der Hinterkante von einer oder mehreren Schaufeln (S) des Stators (S1, S2, S3, S4) eine oder mehrere Öffnungen (17) zum kontinuierlichen Ausblasen von Luft vorhanden sind.

17. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-14, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beeinflussung der Bewegung der Mittel (11, 12, 13, 14) mechanisch, elektrisch, piezoelektrisch, hydraulisch oder pneumatisch betriebene Aktuatoren vorhanden sind.

18. Rotor-Stator-Anordnung nach einem der Ansprüche 10-17 bei welchem im Bedarfsfall ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8 angewendet wird.

19. Triebwerk mit einer Rotor-Stator-Anordnung nach Anspruch 18.

20. Flugkörper mit einem Triebwerk gemäß Anspruch 19.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

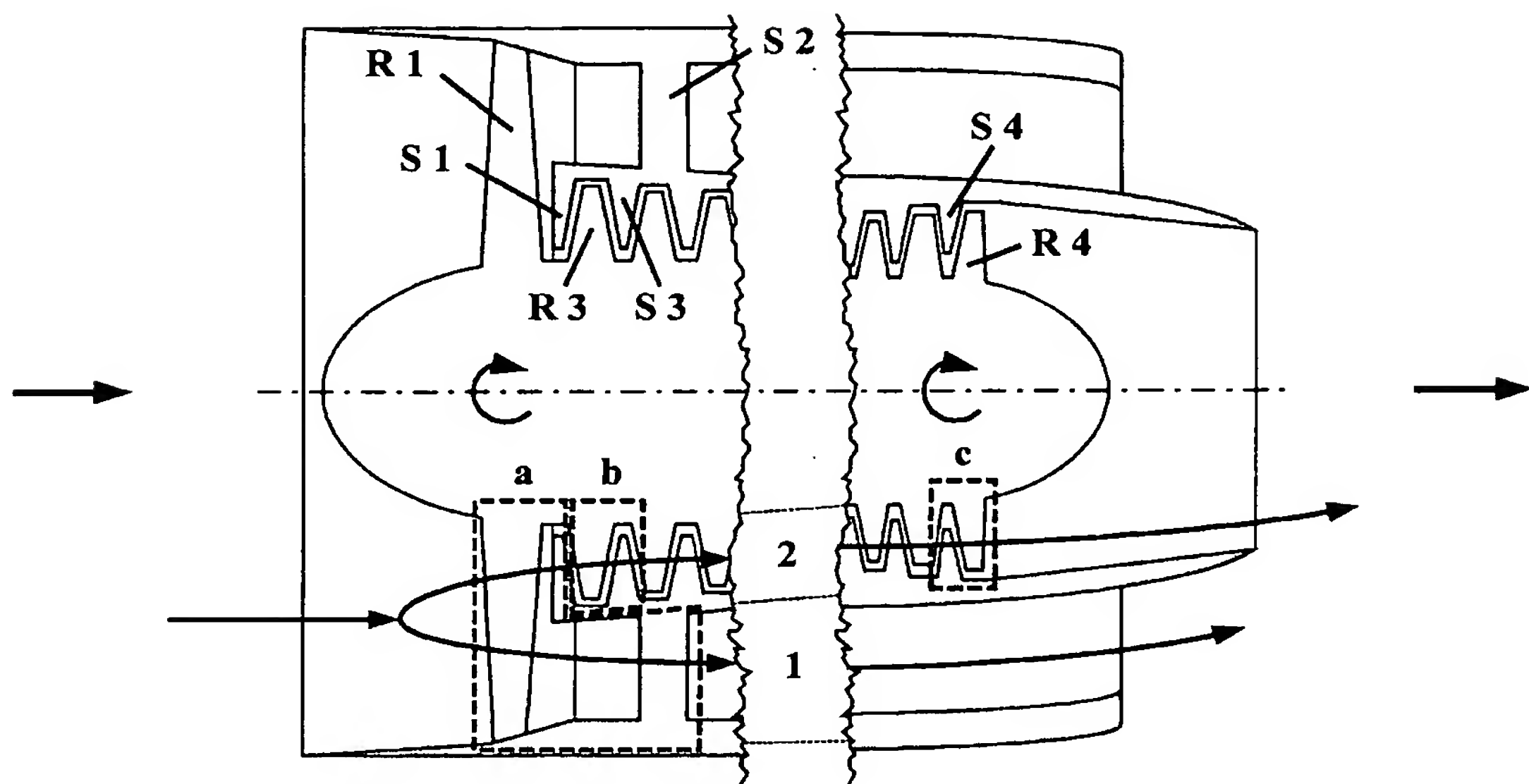


Fig. 1

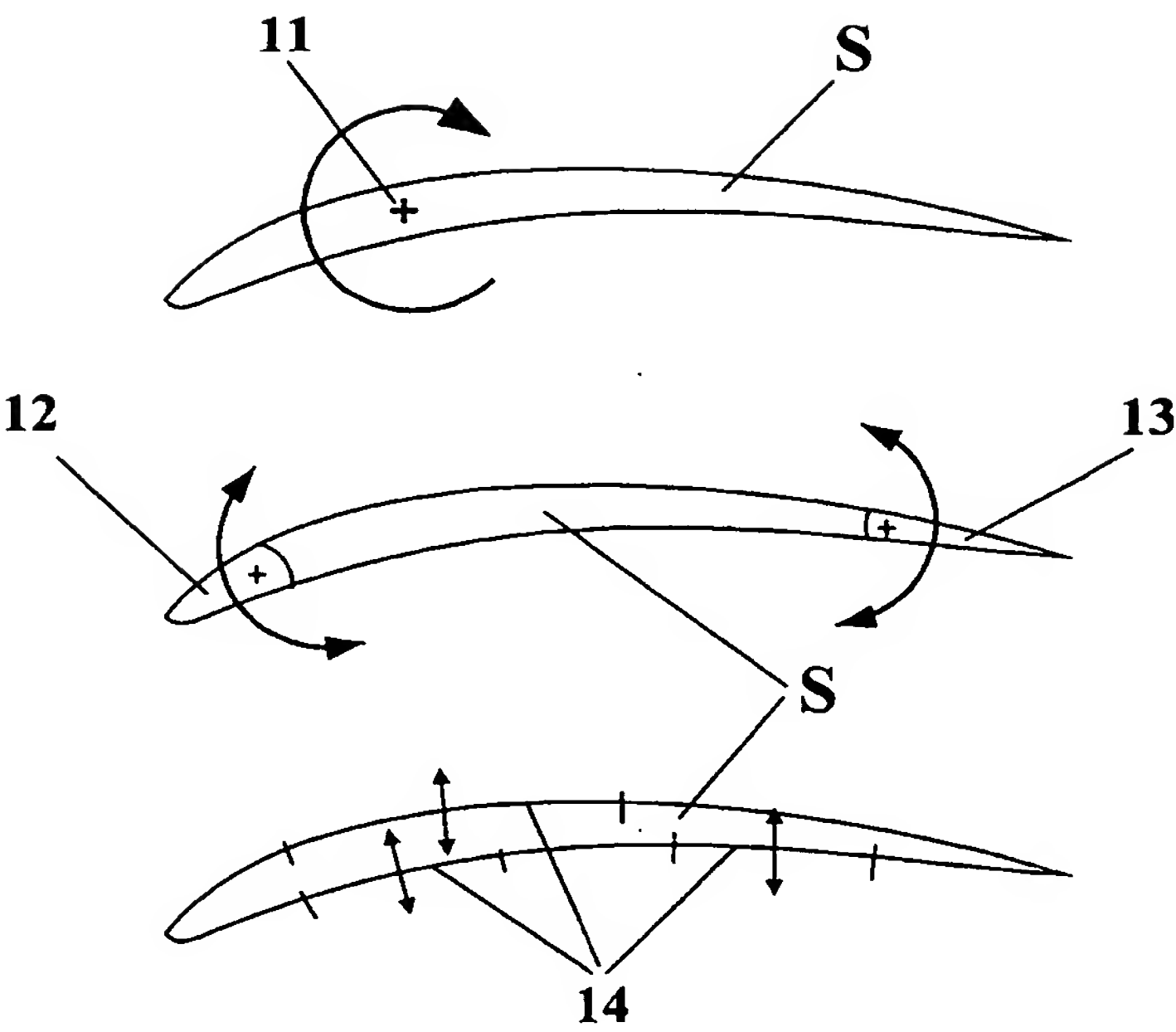


Fig. 2

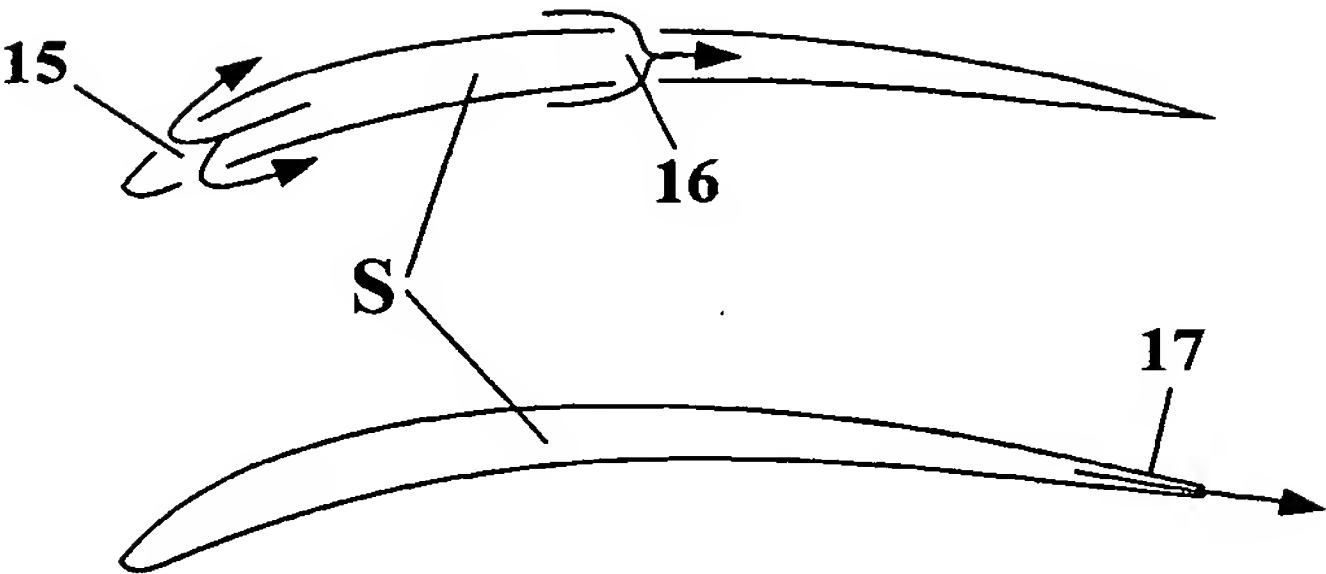


Fig. 3